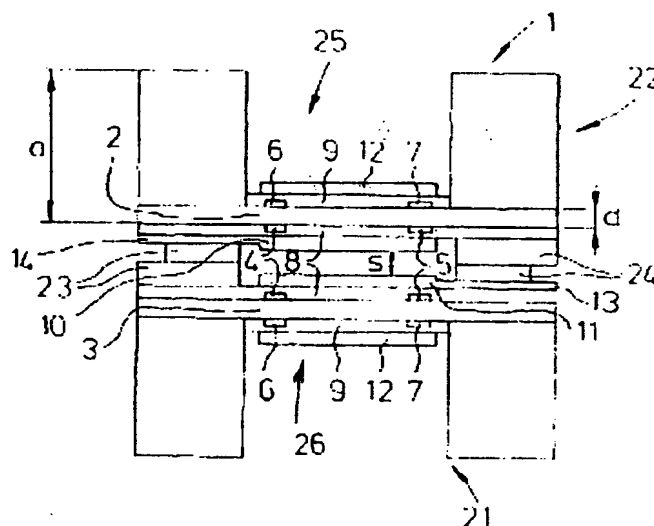


# **Microrelay for electric circuit, has planar contact elements which contact when diaphragms are deflected thermally and electrostatically**

**Patent number:** DE19937811  
**Publication date:** 2001-03-22  
**Inventor:** ELSNER BERNHARD (DE); HEYERS KLAUS (DE); MANZ YVONNE (DE)  
**Applicant:** BOSCH GMBH ROBERT (DE)  
**Classification:**  
- international: H01H59/00; H01H50/54  
- european: H01H1/00M  
**Application number:** DE19991037811 19990811  
**Priority number(s):** DE19991037811 19990811

## **Abstract of DE19937811**

Two contact units (25,26) are provided with respective diaphragms (2,3), made of silicon or silicon nitrate, and a planar contact element. Insulating layers (8,9) are laminated on either sides of each of the diaphragms, respectively. Planar contact elements (10,11) are arranged on the insulating layers (8), and bend and contact each other, when the diaphragms are deflected thermally and electrostatically. The diaphragms are deflected thermally, by the heating elements (4,5) provided in insulating layer (8) and heating elements (6,7) provided in insulating layer (9). The diaphragms are deflected electrostatically by set of electrodes arranged adjacent to planar contact elements.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 199 37 811 A 1

51 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
H 01 H 59/00  
H 01 H 50/54

21 Aktenzeichen: 199 37 811.8  
22 Anmeldetag: 11. 8. 1999  
43 Offenlegungstag: 22. 3. 2001

DE 19937811 A 1

71 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

72 Erfinder:  
Heyers, Klaus, Dr., 72766 Reutlingen, DE; Elsner,  
Bernhard, 70806 Kornwestheim, DE; Manz,  
Yvonne, 21709 Himmelpforten, DE

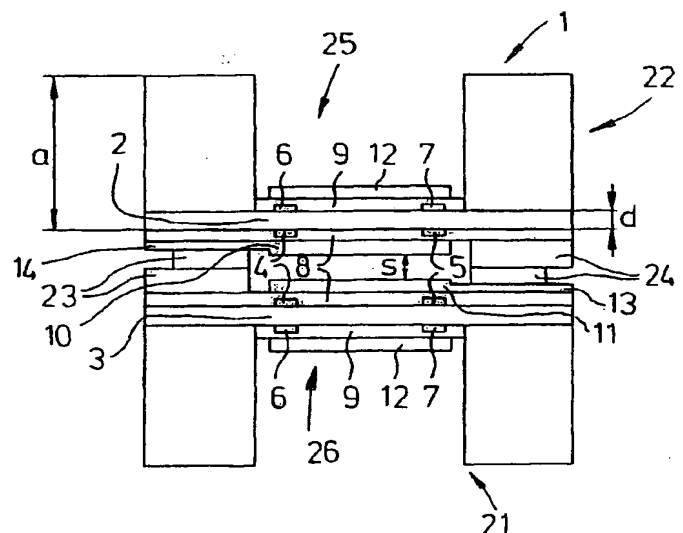
56 Entgegenhaltungen:  
DE 196 53 322 A1  
DE 296 13 790 U1  
ZHOU, S. u.a.: A Micro Variable Inductor Chip  
Using MEMS Relays. In: Transducers 1997,  
S. 1137-1140;  
SEKI, T. u.a.a: THERMAL BUCKLING ACTUATOR  
FOR  
MICRO RELAYS. In: Transducers 1997, S.  
1153-1156;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Relais, insbesondere Mikro Relais zum Schalten eines Stromkreises

57 Es wird ein Relais, insbesondere Mikro-Relais zum Schalten eines Stromkreises mit wenigstens zwei gegenüberliegenden Kontaktorganen vorgeschlagen, wovon zumindest eines für einen Kontaktschluss bewegbar ist. Erfindungsgemäß umfassen die wenigstens zwei Kontaktorgane (25, 26) jeweils eine flexible Membran (2, 3) und wenigstens ein im Bereich der Membran angeordnetes mit dieser verbundenes flächiges Kontaktelement (11), das sich bei einer Auslenkung der Membran (2, 3) mit der Membran wölbt. Wenigstens zwei Kontaktelemente (11) an der Membran sind gegenüberliegend angeordnet und wenigstens eine Membran weist Auslenkmittel zur Herstellung eines Kontaktschlusses zwischen den flächigen Kontaktelementen (11) auf. Bei einer alternativen Ausführungsform umfasst wenigstens ein erstes Kontaktorgan (25, 26) eine flexible Membran (2, 3) und wenigstens ein im Bereich über der Membran angeordnetes mit dieser verbundenes flächiges Kontaktelement, das sich bei einer Auslenkung der Membran mit der Membran wölbt sowie ein zweites Kontaktorgan mit flächigem Kontaktelement. Dabei sind an der Membran thermische und elektrostatische Auslenkmittel zur Herstellung eines Kontaktschlusses zwischen den flächigen Kontaktelementen vorgesehen.



DE 19937811 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Relais, insbesondere Mikro-Relais zum Schalten eines Stromkreises mit wenigstens zwei gegenüberliegenden Kontaktorganen, wovon wenigstens eines für einen Kontaktschluss bewegbar ist.

## Stand der Technik

Relais, insbesondere Mikro-Relais der einleitend bezeichneten Art sind in vielfältigen Ausführungsformen bekannt geworden. Hierbei handelt es sich allerdings vorwiegend um Schaltelemente mit magnetischem Antrieb, die mit ihrem Funktionsprinzip im Wesentlichen mit Bauelementen aus der Feinwerktechnik übereinstimmen, d. h. eine Magnetspulenordnung betätigt Punktkontakte. Hierbei steht zur Verringerung des Kontaktverschleißes die Reduzierung des Kontaktwiderstandes und des Abbrandes der Kontakte im Vordergrund. Zur Realisierung der notwendigen Anpresskraft, um den Kontaktwiderstand gering zu halten, sind zu Bauelementen aus der Feinwerktechnik vergleichbare magnetische Flüsse erforderlich, die bei vordefinierten elektrischen Anschlusswerten geometrische Abmessungen zur Folge haben, die eine Reduzierung der Baugröße nur unwesentlich zulassen.

Darüber hinaus ist die Technik der Spulsherstellung nach wie vor aufwendig, so dass sich eine Kostenersparnis kaum erzielen lässt. Als eine weitere technologische Hürde hat sich das Auffinden von prozesskompatiblen Kontaktmaterialien erwiesen, die sowohl eine hohe Abbrandfestigkeit als auch einen hinreichend kleinen Kontaktwiderstand möglich machen.

Neben magnetischen Antrieben für die Kontakte sind auch thermische Kontakte bekannt geworden, die vergleichsweise große Schaltwege erlauben (Zhou et al., Transducers 1997 pp. 1137). Hierbei werden Punktkontakte verwendet, die durch ein thermomechanisches Verspannen einer Bimorphstruktur im offen-Zustand gehalten werden. Allerdings kann durch eine derartige Struktur keine definierte Anpresskraft für den geschlossen-Zustand auf die Kontakte aufgeprägt werden.

Omron (Seki et al Transducers 1997, pp. 1153) nutzt das thermisch induzierte "buckling" (Ausbilden einer Wölbung) einer Membran als Schaltbewegung für Kontakt. Die kleinflächig aufeinander liegenden Kontakte machen die Kontakte anfällig für einen Abbrand durch ein sich unvermeidlich bildendes Lichtbogen-Plasma.

## Aufgaben und Vorteile der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, ein Relais, insbesondere ein Mikro-Relais bereit zu stellen, dass sich für vergleichsweise hochstrombelastete elektrische Kontakte eignet und dabei einen vertretbaren Kontaktverschleiß, z. B. in Folge eines Abbrandes und einen vergleichsweise geringen Kontaktwiderstand der Kontakte aufweist.

Diese Aufgabe wird durch ein Relais, insbesondere Mikro-Relais der einleitend bezeichneten Art dadurch gelöst, dass die wenigstens zwei Kontaktorgane jeweils eine flexible Membran und wenigstens ein im Bereich über der Membran angeordnetes mit dieser verbundenes flächiges Kontaktelement umfassen, das sich bei einer Auslenkung der Membran mit der Membran wölbt, das wenigstens zweiflächige Kontaktelemente an den Membranen gegenüberliegend angeordnet sind, und dass wenigstens eine Membran Auslenkmittel zur Herstellung eines Kontaktschlusses zwischen den flächigen Kontaktelementen aufweist. Durch diese Vorgehensweise werden auf elegante Art hohe Strom-

dichten, wie sie bei herkömmlich verwendeten Punktkontakten auftreten, vermieden. Denn die auf den Membranen angeordneten Kontaktelemente schiegen sich auf Grund ihrer flexiblen Form über eine vergleichsweise große Fläche aneinander an, womit die Gefahr von Stromspitzen deutlich reduziert ist. Um die Anpresskraft der Kontaktelemente weiter zu erhöhen, wird überdies vorgeschlagen, dass jede Membran Auslenkmittel besitzt. Dadurch ist der Verschleiß der Kontaktflächen, insbesondere durch Abbrand bei Lichtbogen – Plasmabildung vermindert, wodurch sich wiederum abbrandgefährdete Kontaktmaterialien einsetzen lassen, die jedoch den Vorteil eines vergleichsweise geringen Kontaktwiderstands aufweisen.

Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung sind an wenigstens einer Membran Mittel zum thermischen Auslenken vorgesehen. Thermische Aktoren erlauben insbesondere einen großen Schaltweg der Kontakte, wodurch eine Lichtbogenbildung auf Grund eines zu geringen Kontaktabstandes im Wesentlichen vermieden werden kann. Damit steigt die Lebensdauer des Relais.

In einer überdies vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind an wenigstens einer Membran Mittel zum elektrostatischen Auslenken der Membran vorhanden. Ein elektrostatischer Aktor gewährleistet insbesondere hohe Kontaktkräfte des Relais in geschlossenem Zustand, da die Anziehungskraft von flächigen Elektroden proportional zum Kehrwert des Abstandsquadrates wächst. In diesem Zusammenhang ist insbesondere die Kombination eines thermischen Aktors mit einem elektrostatischen Aktor bevorzugt. Denn der thermische Aktor eignet sich für vergleichsweise große Abstände der Kontaktflächen, bei welchen ein elektrostatischer Aktor durch die oben angegebene Gesetzmäßigkeit Nachteile aufweist. Außerdem stellt ein thermischer Aktor eine vergleichsweise große Auslenkkraft bei der Auslenkung der Membran aus der Ruhelage zur Verfügung, so dass sich die Eigenschaften eines thermischen und elektrostatischen Aktors in idealer Weise ergänzen. Im Weiteren ist es günstig, wenn die Membran aus einem Material, wie z. B. Silizium oder Silizium-Nitrit besteht. Sofern ein Siliziumwafer für den Aufbau der Kontaktorgane zur Anwendung kommt, wird die Membran vorzugsweise aus Silizium hergestellt, in dem der Siliziumwafer an einer Stelle bis auf Membranstärke angetragen wird. Auf eine solche Struktur lassen sich dann gegebenenfalls durch einen "Zweiseitenprozess" weitere Schichten aufbringen und strukturieren.

Außerdem ist es vorteilhaft, wenn wenigstens ein flächiges Kontaktelement eine Kontaktschicht, beispielsweise eine Metallschicht umfasst. Die elastischen Eigenschaften einer Metallschicht lassen sich unproblematisch mit einer Membran aus z. B. Silizium kombinieren.

Um die Membran elektrisch von einem flächigen Kontaktelement zu isolieren, wird im Weiteren vorgeschlagen, dass an wenigstens einem Kontaktorgan zwischen Membran und flächigem Kontaktelement wenigstens eine Isolatorschicht angeordnet ist.

In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung umfassen die Mittel zum thermischen Auslenken ein auf der Membran angeordnetes Heizorgan, beispielsweise in Form von einer oder mehreren Heizbahnen. In diesem Zusammenhang ist es überdies vorteilhaft, wenn das Heizorgan von der Isolatorschicht zwischen Membran und Kontaktschicht überdeckt ist. Auf diese Weise wird eine elektrische Isolierung des Heizorgans gegenüber dem flächigen Kontakt sicher gestellt.

In einer überdies günstigen Ausgestaltung der Erfindung umfassen die Mittel zum elektrostatischen Auslenken wenigstens eine Elektrode, die neben der Kontaktschicht angeordnet ist. Durch diese Maßnahme lassen sich besonders

hohe Anziehungskräfte zu einer gegenüber liegenden Elektrode erzeugen, wenn sich bei berührenden Kontaktelementen vergleichsweise kleine Elektrodenabstände ergeben.

Zur elektrischen Isolation der Elektrode ist es darüber hinaus günstig, wenn diese mit einer Isolationsschicht überzogen ist.

Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn die Kontaktelemente und/oder die wenigstens eine Isolationsschicht und/oder die wenigstens eine Heizorgane und/oder die wenigstens eine Elektrode auf beiden Seiten der Membran, vorzugsweise symmetrisch zur Membran, gegebenenfalls symmetrisch zu einer Ebene, die senkrecht zur Membran steht und durch die Membranmitte verläuft, ausgebildet sind. Diese Vorgehensweise bringt den Vorteil, dass ein möglichst biomorpher Aufbau entsteht, der unabhängig von der Umgebungstemperatur resultierende Momente in der Membran und damit unerwünschte Aufwölbungen vermeidet.

Für eine rationelle Fertigung ist es im Weiteren besonders günstig, dass die wenigstens zwei gegenüberliegenden Kontaktorgane gleich aufgebaut sind, vorzugsweise symmetrisch zu einer Mittelebene zwischen den Kontaktorganen sind.

Außerdem ist es günstig, wenn die Kontakte der Kontaktorgane hermetisch gekapselt sind, und in der Kapslung ein Löschgas eingebracht wird, das die Lichtbogen-Bildung reduziert oder verhindert.

Die oben angegebene Aufgabe wird auch durch ein Relais, insbesondere Mikro-Relais der einleitend bezeichneten Art dadurch gelöst, dass wenigstens ein erstes Kontaktorgan eine flexible Membran und wenigstens ein im Bereich über der Membran angeordnetes mit dieser verbundenes flächiges Kontaktelement umfasst, das sich bei einer Auslenkung der Membran mit der Membran wölbt, dass wenigstens ein zweites Kontaktorgan ein flächiges Kontaktelement umfasst, und dass an der Membran thermische und elektrostatische Auslenkmittel zur Herstellung eines Kontaktschlusses zwischen den flächigen Kontaktelementen vorgesehen sein. Bei dieser Ausführungsform weist ein Kontaktorgan eine Membran, jedoch das gegenüberliegende Kontaktorgan keine Membran auf. Durch die Kombination von elektrostatischen und thermischen Auslenkmitteln an der Membran lässt sich jedoch auch ein großflächiger elektrischer Kontakt erzeugen, bei dem sich die Kontaktflächen aneinander schmiegen.

Der Aufbau des Kontaktorgans mit Membran kann vorzugsweise gemäß einer der oben beschriebenen Ausführungsvarianten erfolgen. Ebenso lassen sich die auf den Kontaktorganen angebrachten Kontaktelemente hermetisch kapseln, wobei die Kapslung vorzugsweise mit Löschgas gefüllt wird.

### Zeichnungen

Mehrere Ausführungsbeispiele sind in den Zeichnungen dargestellt und unter Angabe weiterer Vorteile und Einzelheiten näher erläutert. Es zeigen

**Fig. 1** ein Mikro-Relais mit zwei gegeneinander angeordneten Membranen zur Ausbildung von Kontaktorganen in einer schematisch dargestellten Schnittansicht,

**Fig. 2** eine Draufsicht auf ein Kontaktorgan eines Mikro-Relais,

**Fig. 3a** und **b** die schematische Darstellung eines Mikro-Relais mit unterschiedlich ausgelenkten Membranstellungen in einer angedeuteten Schnittansicht und

**Fig. 4** eine weitere Ausführungsform eines Mikro-Relais bestehend aus zwei gegenüberliegenden Membranen in einer schematischen Schnittansicht,

### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

**Fig. 1** zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel eines Mikro-Relais 1 mit zwei gegenüberliegend angeordneten Membranen 2, 3. Die Membranen 2, 3 bestehen beispielsweise aus Silizium und wurden dadurch hergestellt, dass das Bulk-Material eines Siliziumwafers mit der Dicke  $a$  im Bereich der Membran beispielsweise durch einen Ätzprozess bis auf die Dicke  $d$  der Membran entfernt wurde.

Der Schichtaufbau auf den Membranen 2, 3 ist im Wesentlichen symmetrisch, um zu verhindern, dass resultierende Momente in der Membran bei unterschiedlichen Umgebungstemperaturen eine Verwölbung der Membran verursachen. Daher sind Heizorgane 4, 5, 6, 7 jeweils auf beiden Seiten der Membranen 2, 3 spiegelsymmetrisch und symmetrisch zu einer Ebene, die senkrecht zur Membran und durch ihre Mitte verläuft, angeordnet. Nach diesem Prinzip sind die Heizorgane 4, 5, 6, 7 jeweils auf beiden Seiten der Membranen 2, 3 mit einer Isolationsschicht 8, 9 zu deren elektrischen Isolation überdeckt. Auf den Isolationsschichten 8, 9 sind ebenfalls beidseitig flächige Kontaktelemente 10, 11 sowie 12 aufgebracht.

Eine gute Funktionsfähigkeit des Relais ist auch dann gegeben, wenn vom symmetrischen Aufbau auf den Membranen 2, 3 in einzelnen oder mehreren Schichten abgewichen wird. Durch einen symmetrischen Aufbau lässt sich jedoch in besonders einfacher Weise eine temperaturkompensierte Neutralstellung der Membran unabhängig von der Umgebungstemperatur, wie bereits oben erwähnt, realisieren.

Die flächigen Kontaktelemente 10, 11 sind zur elektrischen Verbindung mit Kontaktbahnen 13, 14 versehen, die nach außen geführt sind.

In **Fig. 2** ist ein flächiges Kontaktelement 11, mit Kontaktbahn 13 auf einer Membran 3 eines Wafers 15 in der Draufsicht dargestellt. Die Begrenzung der Membranfläche der Membran 3 ist schematisch durch die in **Fig. 2** dargestellte quadratische Berandungslinie verdeutlicht. In **Fig. 2** sind Heizorgane 16, 17 als dünne Bahnen neben dem flächigen Kontaktelement 11 aufgebracht.

Die Heizorgane 16, 17 werden durch entsprechend ausgestaltete Leiterbahnen 18, 19, 20 mit elektrischer Energie versorgt (**Fig. 2**) und bestehen beispielsweise aus einem dünnen Metallfilm.

Zur Ausbildung des vollständigen Mikro-Relais 1 werden, wie in **Fig. 1** ersichtlich zwei Waferabschnitte 21, 22, mit den Membranen 2, 3 gegeneinander mit Abstand  $s$  der flächigen Kontaktelemente 10, 11 durch Beabstandungsmittel 23, 24 positioniert. Die Einzelwafer 21, 22 können hierzu beispielsweise durch Sealglas-Bonden oder anodisches Bonden über eine Natriumglas-Zwischenschicht (Pyrexglas) verbunden werden.

Hierdurch ist überdies ein hermetischer Abschluss der flächigen Kontaktelemente 10, 11 gewährleistet. In diese Kapselung kann eine definierte Atmosphäre aus z. B.  $\text{SF}_6$  eingeschlossen werden, wodurch die Ausbildung von Lichtbögen, wie Sie im Fall einer Kontaktunterbrechung regelmäßig auftreten und zu einem Abbrand der Kontakte führen, reduziert wird. Auf diese Weise bedarf das Relais keiner weiteren Häusung und kann direkt auf Leiterplatten aufgeklebt oder gelötet werden, wobei die Anschlüsse der Leiterbahnen 18, 19 sowie der Kontaktbahnen 13, 14 durch (Dick-)Drahtbonden erfolgen kann.

Die Materialauswahl zur Erzeugung von beweglichen Kontaktorganen 25, 26 auf der Grundlage der Membranen 2, 3 kann in vielfältiger Weise erfolgen, insbesondere wenn ein symmetrischer Aufbau mit den geschilderten Kompensationsseigenschaften verwendet wird.

Beispielsweise können die flächigen Kontaktelemente 10, 11, 12 aus einer Metallschicht, die z. B. galvanisch abgeschieden oder durch einen Sputterprozess deponiert wurde, mittels eines beidseitigen fotolithografischen Prozesses erzeugt werden. Bei der Materialauswahl können insbesondere die Erfahrungen aus dem Bereich der klassischen Relais-Herstellung berücksichtigt werden. Vorteilhaft können auch Mehrschichtaufbauten der flächigen Kontaktelemente 10, 11, 12 sein, die z. B. aus einer weichen, gut leitfähigen Basisschicht und einer darauf aufgetragenen abrieb- und abbrandfesten dünnen Deckschicht aufgebaut sind. Die zur elektrischen Isolation eingesetzte Isolationsschicht 8, 9, die neben der Isolation der Heizorgane 4, 5, 6, 7, 16, 17 auch eine elektrische Isolation zum Siliziumwafer bereit stellt, kann z. B. aus einer Plasma deponierten  $\text{SiO}_2$ -Schicht  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -Schicht bestehen.

Durch eine lokale Erwärmung der Membranen 2, 3 über die Heizorgane 4, 5, 6, 7, 16, 17 lassen sich die Membranen 2, 3 auslenken. Dadurch wird das flächige Kontaktelement der ausgelenkten Membranschicht gegen das gegenüberliegende flächige Kontaktelement gepresst. Auf Grund der Elastizität der Membranschichten werden sich die flächigen Kontaktelemente aneinander anschmiegen, so dass die Fläche für einen elektrischen Kontakt sich nicht nur auf einen punktförmigen Bereich beschränkt, sondern nahezu die gesamte Fläche der flächigen Kontaktelemente umfasst und diese mit einer gleichmäßigen Anpresskraft beaufschlagt. Die Größe der Anpresskraft wird durch die elastischen Eigenschaften (Biegesteifigkeit) der Membranen bestimmt und ist daher in weiten Grenzen einstellbar.

In den Fig. 3a und 3b sind zwei Möglichkeiten der Membranauslenkung zur Herbeiführung eines Kontaktschlusses in einer entsprechend Fig. 1 schematischen Schnittansicht abgebildet. In Fig. 3a werden die beweglichen Kontaktorgane 25, 26 auf eine Seite ausgelenkt. Dadurch wird gewährleistet, dass sich die flächigen Kontaktelemente 10, 11 über ihren größten Teil aneinanderschmiegen und so eine großflächige Kontaktierung zustande kommt. In Fig. 3b hingegen werden die beweglichen Kontaktorgane 25, 26 gegeneinander ausgelenkt, wodurch sich zwar ebenfalls ein elektrischer Kontakt über eine große Fläche einstellt, die jedoch durch die Geometrie der gegeneinander gewölbten Flächen kleiner ist als in der Arbeitsweise gemäß Fig. 3a. Dafür lässt sich eine größere Anpresskraft der Kontaktelemente erreichen.

In Fig. 4 ist eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Relais 30 in einer Schnittansicht gemäß Fig. 1 dargestellt. Die Ausführungsform nach Fig. 4 unterscheidet sich zu der nach Fig. 1 dadurch, dass die flächigen Kontaktelemente 10, 11 nur auf einer Seite der jeweiligen Membran 2, 3, nämlich auf der Innenseite, ausgebildet sind. Nach wie vor sind jedoch die Heizorgane 4, 5, 6, 7 sowie die Isolationsschichten 8, 9 spiegelgesymmetrisch zu den Membranen 2, 3 angeordnet. Ein weiterer Unterschied zur Ausführungsform nach Fig. 1 besteht darin, dass Elektroden 31, 32, 33, 34 neben den flächigen Kontaktelementen 10, 11 ausgebildet sind. Die Elektroden 31, 32, 33, 34 sind zu deren elektrischen Isolation mit einer Isolationsschicht 35 versehen.

Die Membranen 2, 3 können nun mittels der Heizelemente ausgelenkt werden, bis sich die flächigen Kontaktelemente 10, 11 berühren. Durch die Flexibilität der Membranen 2, 3 werden die Oberflächen der flächigen Kontaktelemente 10, 11 aneinander gedrückt, d. h. sie schmiegen sich aneinander an. Durch Anlegen einer Spannung an die Elektroden 31, 32, 33, 34 wird zusätzlich eine elektrostatische Anziehungskraft erzeugt, die die flächigen Kontaktelemente 10, 11 noch stärker aneinander drückt. Je nach Aktivieren der Heizorgane 4, 5, 6, 7 und der Größe der angelegten

Spannung an den Elektroden 31, 32, 33, 34 kann die Berührungsfläche der Elektroden 31, 32, 33, 34 variiert werden, wodurch sich auch das Berührungsverhalten der flächigen Kontaktelemente 10, 11 einstellen lässt.

Im Einzelnen lassen sich die Vorteile dieser Ausführungsform wie folgt zusammenfassen:

Die Anpresskraft der flächigen Kontaktelemente 10, 11 wird durch eine Kombination eines elektrostatischen Antriebs mit einem thermischen Antrieb erhöht, da der elektrostatische Antrieb die größte Anziehungskraft bei aufeinanderliegenden flächigen Kontaktelementen 10, 11 entwickelt, wohin gegen mit dem thermischen Antrieb sich zunächst große Kontaktabstände überwinden lassen.

Der thermische Antrieb produziert systembedingt durch die Bestromung der Heizorgane eine ständige Verlustleistung, die durch die Kombination mit einem elektrostatischen Antrieb herabgesetzt werden kann. Denn im stabilen (Halte-)Fall weist der elektrostatische Antrieb nur eine sehr geringe durch die dielektrischen Verluste hervorgerufene Verlustleistung auf. Da bei geschaltetem Kontakt (die flächigen Kontaktelemente liegen aufeinander) der elektrostatische Antrieb die notwendige Anpresskraft aufbringt, lassen sich die Heizleistung der Heizorgane zumindest deutlich reduzieren. Hierdurch wird somit das Verhältnis von Laststrom/Schaltstrom stark verbessert.

Durch die Kombination eines elektrostatischen Antriebs mit einem thermischen Antrieb, der einen verhältnismäßig großen Abstand der flächigen Kontaktelemente 10, 11 erlaubt, wird außerdem die Lebensdauer der Kontaktflächen erhöht, da der unvermeidliche Kontaktabbau auf Grund des größeren Abstandes stark vermindert werden kann.

#### Patentansprüche

1. Relais, insbesondere Mikro-Relais zum Schalten eines Stromkreises mit wenigstens zwei gegenüberliegenden Kontaktorganen, wovon zumindest ein Kontaktorgan für einen Kontaktschluss bewegbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wenigstens zwei Kontaktorgane (25, 26) jeweils eine flexible Membran (2, 3) und wenigstens ein im Bereich über der Membran angeordnetes mit dieser verbundenes flächiges Kontaktelement (11) umfasst, das sich bei einer Auslenkung der Membran mit der Membran wölbt, dass wenigstens zwei Kontaktelemente an der Membran gegenüberliegend angeordnet sind, und dass wenigstens eine Membran Auslenkmittel zur Herstellung eines Kontaktschlusses zwischen den flächigen Kontaktelementen aufweist.
2. Relais nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass an wenigstens einer Membran (2, 3) Mittel zum thermischen Auslenken vorgesehen sind.
3. Relais nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass an wenigstens einer Membran (2, 3) Mittel zum elektrostatischen Auslenken der Membran vorgesehen sind.
4. Relais nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Membran aus einem Halbleiter oder Isolator, z. B. aus Silizium oder Siliziumnitrid besteht.
5. Relais nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein flächiges Kontaktelement (10, 11, 12) eine Kontaktschicht, beispielsweise eine Metallschicht umfasst.
6. Relais nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass an wenigstens einem Kontaktorgan zwischen Membran (2, 3) und flächigen Kontaktelement (10, 11, 12) wenigstens eine weitere

Isolationsschicht (8, 9) angeordnet ist.

7. Relais nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zum thermischen Auslenken Heizorgane (4, 5, 6, 7) umfassen, die mit der Membran in Verbindung stehen.

8. Relais nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Heizorgan (4, 5, 6, 7) von der Isolationsschicht (8, 9) zwischen Membran und Kontaktschicht überdeckt ist.

9. Relais nach einem der Ansprüche 3 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zum elektrostatischen Auslenken wenigstens eine Elektrode (31, 32, 33, 34) umfassen, die neben dem flächigen Kontaktelement (10, 11, 12) angeordnet ist.

10. Relais nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode (31, 32, 33, 34) von einer Isolationsschicht überdeckt ist.

11. Relais nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktelemente (10, 11, 12) und oder die wenigstens eine Isolationsschicht (8, 9) und/oder die Heizorgane (4, 5, 6, 7) und/oder die Elektroden (31, 32, 33, 34) auf beiden Seiten einer Membran (2, 3) vorzugsweise zur Membran (2, 3) symmetrisch, gegebenenfalls symmetrisch zu einer Ebene, die senkrecht zur Membran steht und durch die Membrannmitte verläuft, ausgebildet sind.

12. Relais nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass jede Membran Auslenkmittel aufweist.

13. Relais nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens zwei gegenüberliegenden Kontaktorgane gleich aufgebaut sind.

14. Relais nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktelemente (11) der Kontaktorgane (25, 26) hermetisch gekapselt sind.

15. Relais nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in der Hausung Löschgas vorgesehen ist.

16. Relais, insbesondere Mikro-Relais zum Schalten eines Stromkreises mit wenigstens zwei gegenüberliegenden Kontaktorganen, wovon zumindest ein Kontaktorgan für einen Kontaktschluss bewegbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein erstes Kontaktorgan (25, 26) eine flexible Membran (2, 3) und wenigstens ein im Bereich über der Membran angeordnetes mit dieser verbundenes flächiges Kontaktelement (11) umfasst, das sich bei einer Auslenkung der Membran mit der Membran wölbt, dass wenigstens ein zweites Kontaktorgan ein flächiges Kontaktelement umfasst, und dass an der Membran thermische und elektrostatische Auslenkmittel zur Herstellung eines Kontaktschlusses zwischen den flächigen Kontaktelementen vorgesehen sind.

17. Relais nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktorgane gemäß einem der Ansprüche 4 bis 11 oder 14 und 15 ausgestaltet sind.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

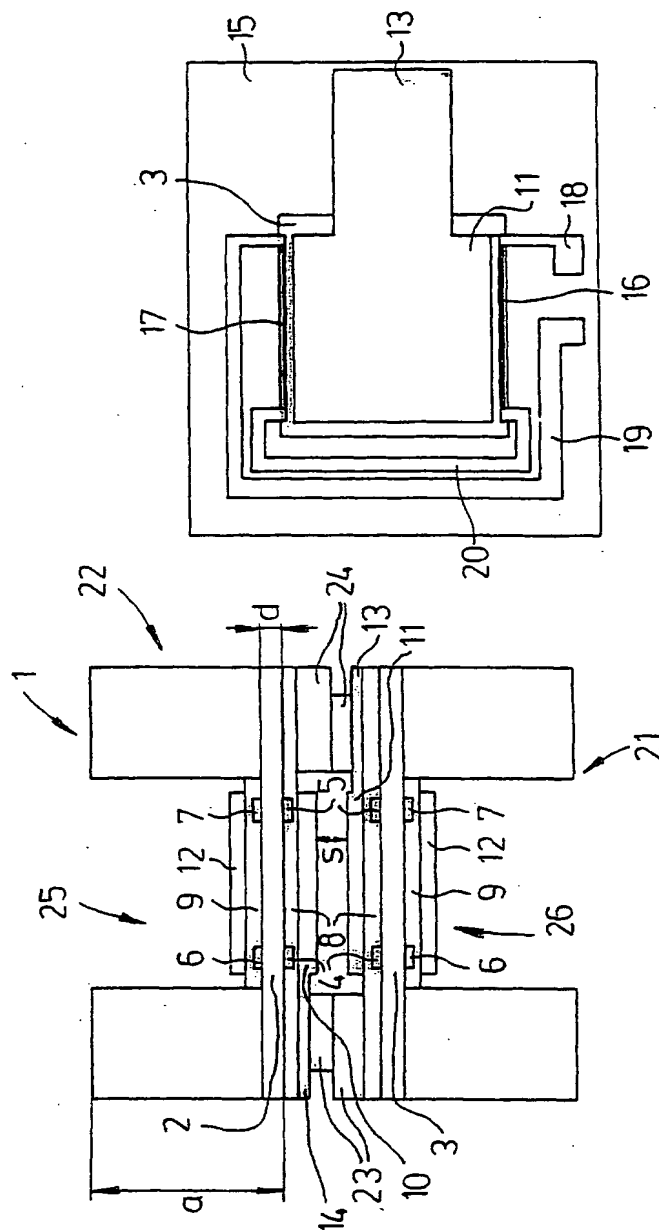


Fig. 2

Fig. 1



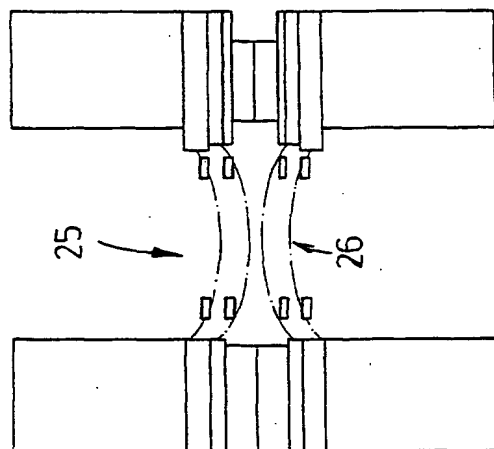


Fig. 3b

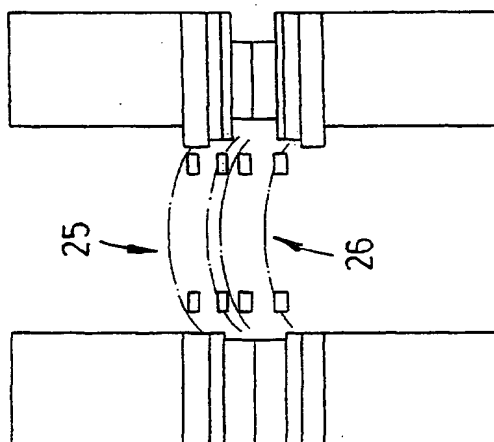


Fig. 3a

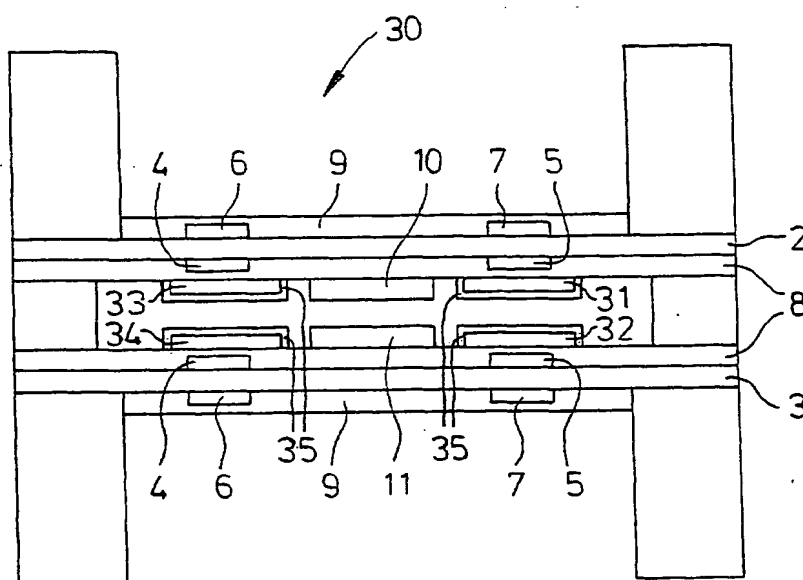


Fig. 4